

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-321825

(43)Date of publication of application : 20.11.2001

(51)Int.Cl.

B21C 29/00

B21C 23/00

B21C 23/08

B21C 25/02

(21)Application number : 2000-146874

(71)Applicant : TOTO LTD

(22)Date of filing : 18.05.2000

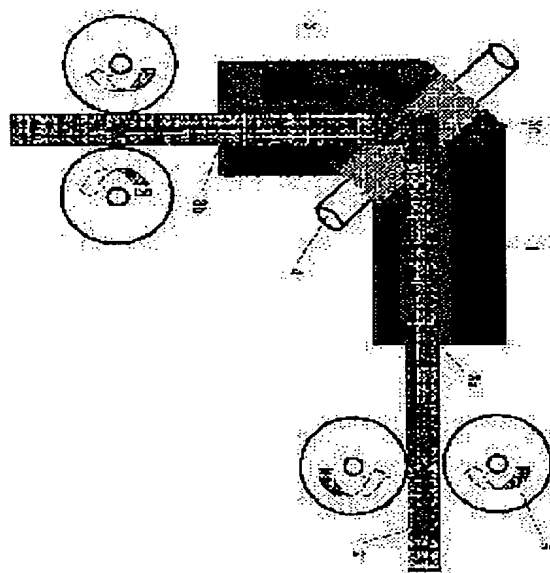
(72)Inventor : NAKAMURA KATSUAKI

(54) METHOD AND DEVICE FOR WORKING METALLIC MATERIAL

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a working method for preventing the buckling of an extruded material and excellent in mass-productivity in a shear extruding method (It is called ECAP method.) in order to obtain high strength and high ductility by micronizing the crystal grain of metal.

**SOLUTION:** In the working method by which large strain is added and average grain size is micronized by applying large shear deformation to a metallic material, by this working method of the metallic material, only a part to which the shear deformation is applied is heated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-321825  
(P2001-321825A)

(43) 公開日 平成13年11月20日 (2001. 11. 20)

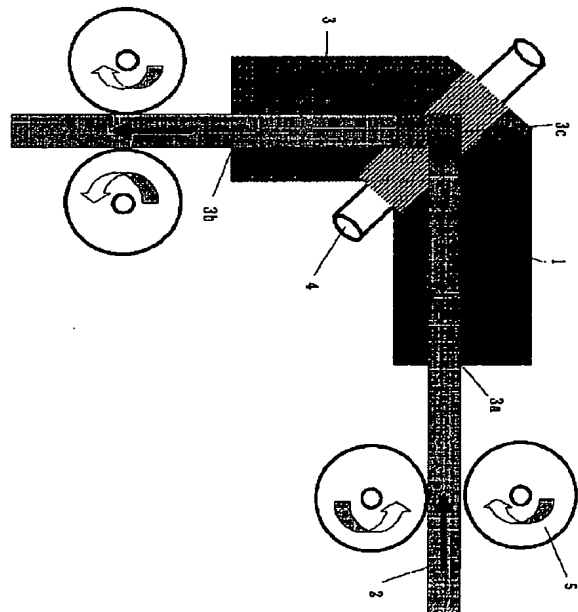
(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
B 2 1 C	29/00	B 2 1 C	29/00
	23/00		23/00
	23/08		23/08
	25/02		25/02
			4 E 0 2 9
			A
			Z
			Z
審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 10 頁)			
(21) 出願番号	特願2000-146874 (P2000-146874)	(71) 出願人	000010087 東陶機器株式会社 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号
(22) 出願日	平成12年5月18日 (2000. 5. 18)	(72) 発明者	中村 克昭 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 東陶機器株式会社内
		Fターム (参考)	4E029 AA03 MB09 SA01

(54) 【発明の名称】 金属材料の加工法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 金属の結晶粒を微細化して高強度化・高延性化をはかる為にせん断押出法 (E C A P法と呼ばれる) において、押出し材の座屈を防止し、量産性に優れた加工方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 金属材料にせん断変形を与えることにより大きな歪みを加え、平均結晶粒径を微細化する加工方法において、前記金属材料は、せん断変形を加える部分のみを加熱することを特徴とする金属材料の加工法とした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 金属材料にせん断変形を与えることにより大きな歪みを加え、平均結晶粒径を微細化する加工方法において、前記金属材料は、せん断変形を加える部分のみを加熱することを特徴とする金属材料の加工法。

【請求項2】 金型に設けられた2つの孔を連結し、該金型内で所定角度にて屈折する溝を有する金型の一方の孔より金属材料を挿入し、他方より排出する際に、前記屈折部分近傍のみを加熱することを特徴とする金属材料の加工法。

【請求項3】 請求項2記載の金属材料の押出し加工法において、前記屈折部分を複数個所設けたことを特徴とする金属材料の加工法。

【請求項4】 請求項3記載の金属材料の加工法において、前記複数の屈折部の角度を変えたことを特徴とする金属材料の加工法。

【請求項5】 請求項2記載の金属材料の加工法において、前記金属材料は、線状の材料を用い、孔への送り込みと孔からの引き抜きにより順次、屈折部を経由することを特徴とする金属材料の加工法。

【請求項6】 請求項1、2記載の金属材料の加工法において、前記加熱は、高周波を利用したことを特徴とする金属材料の加工法。

【請求項7】 金属材料にせん断変形を加える加工手段と金属材料を加工手段へ送り込む送り込み手段と加工手段から金属材料を引き抜く引き抜き手段とを少なくとも有することを特徴とする金属材料の加工装置。

【請求項8】 請求項7記載の金属材料の加工装置において、前記加工手段に金属材料にせん断変形を加える箇所のみを加熱する加熱手段を設けたことを特徴とする金属材料の加工装置。

【請求項9】 金属材料にせん断変形を加える加工手段と金属材料を加工手段へ送り込む送り込み手段と加工手段から金属材料を引き抜く引き抜き手段とを少なくとも構成される加工ユニットを複数連設することを特徴とする金属材料の加工装置。

【請求項10】 請求項9記載の金属材料の加工装置において、前記加工手段に金属材料にせん断変形を加える箇所のみを加熱する加熱手段を設けたことを特徴とする金属材料の加工装置。

【請求項11】 請求項10記載の金属材料の加工装置において、前記加熱手段により加熱される領域に少なくとも出口側に金属材料を冷却する冷却手段を設けたことを特徴とする金属材料の加工装置。

【請求項12】 請求項9記載の金属材料の加工装置において、前記ユニットの加工手段は、金型に設けられた2つの孔に接続し、所定角度にて屈折する連通孔により構成されており、少なくとも1つのユニットに接続するユニットの前記所定角度及び／又は孔の形状が異なっていることを特徴とする金属材料の加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、金属材料の加工法及びその装置に関する。

【0002】

【従来技術】近年、金属の結晶粒を微細化して高強度化・高延性化をはかる為にせん断押出法（E C A P法と呼ばれる）を用いた提案がなされている。この方法は、図9に示すように、金型101内で一定角度 $\psi$ を持って交差する同じ径の2本の溝孔101a、101bを通して、コンテナ102に挿入された材料（棒材）103をラム104により反対側溝孔から取り出され、この交差する金型中を通過する際に材料103に大きなせん断歪みが発生することにより結晶粒の微細化・強度向上・高温延性向上が図れる方法である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記方法では、金型101全体を加熱していたため棒材103が、広範囲に加熱され変形部と未変形部の変形抵抗は同じとなる。従って棒材103を押出加工するためには、ラム104を金型101内部まで押し込み、座屈防止のため金型101とラム104で棒材を拘束する必要があった。しかし、ラム104を用いて押出加工するとせん断変形の抵抗が高い為、押出し材が座屈するなどの問題点があった。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の課題に鑑みなされたものであって、金属材料にせん断変形を与えることにより大きな歪みを加え、平均結晶粒径を微細化する加工方法において、前記金属材料は、せん断変形を加える部分のみを加熱することを特徴とする金属材料の加工法とする。

【0005】本発明によれば、せん断変形を与える前の素材は、温度が上がらないので、素材の持つ剛性（ヤング率）を維持でき、せん断変形の必要な部分のみを加熱することで剛性（ヤング率）を低下できるので、素材の座屈を防止でき、結晶粒を微細化して高強度・高延性を発現させる素材を提供できる。

【0006】また、金型に設けられた2つの孔を連結し、該金型内で所定角度にて屈折する溝を有する金型の一方の孔より金属材料を挿入し、他方より排出する際に、前記屈折部分近傍のみを加熱することを特徴とする金属材料の加工法とすることで、金属材料は、屈折部を経由するだけで、容易にせん断変形を起こし、結晶粒の微細化が行える。

【0007】更に、屈折部分を複数個所設けることで、結晶粒の微細化が効率よく行える。

【0008】また、屈折部の角度を変えることで、金属素材に有ったせん断変形の変形抵抗を適宜調整でき、金属素材の座屈、破断を防止できるものとなる。

【0009】また、金属材料として、線状の材料を用

い、孔への送り込みと孔からの引き抜きにより順次、屈折部を経由することで、長尺の金属材料を得られると同時に大量生産が可能となる。

【0010】また、加熱に高周波を利用することで、所望の箇所を高率よく加熱でき、温度調整も容易に行えるものである。

【0011】他の発明として、金属材料にせん断変形を加える加工手段と金属材料を加工手段へ送り込む送り込み手段と加工手段から金属材料を引き抜く引き抜き手段とを少なくとも有することを特徴とする金属材料の加工装置とする。

【0012】本発明によれば、引き抜き手段を設ける事で、せん断変形の荷重を大幅に減少でき、結果的に小さな押出し力でせん断押出しが可能となり、長尺の棒材を得ることができ、量産性優れた装置を提供できる。

【0013】更に、前記加工手段に金属材料にせん断変形を加える箇所のみを加熱する加熱手段を設けることで、既に上記したように、素材の座屈を防止でき、結晶粒を微細化して高強度・高延性を発現させる素材を提供できる。

【0014】他の発明としては、金属材料にせん断変形を加える加工手段と金属材料を加工手段へ送り込む送り込み手段と加工手段から金属材料を引き抜く引き抜き手段とで少なくとも構成される加工ユニットを複数連設することを特徴とする金属材料の加工装置とする。

【0015】本発明によれば、せん断押し出しによる結晶微細化は、加工回数に比例して進行する為、せん断押し出し回数を連続して行うことで、効率よく結晶の微細化が行える。

【0016】更に、前記加工手段に金属材料にせん断変形を加える箇所のみを加熱する加熱手段を設けることで、素材の座屈を防止でき、結晶粒を微細化して高強度・高延性を発現させる素材を提供できる。

【0017】更に、加熱手段により加熱された領域の少なくとも出口に金属材料を冷却する冷却手段を設けることで、金属素材を軟化点以下の温度とすることで、次のユニットへの導入がより座屈の問題も無く、スムーズに行われる。

【0018】また、複数のユニットを接続配置した加工装置の前記ユニットの加工手段は、金型に設けられた2つの孔に接続し、所定角度にて屈折する連通孔により構成されており、少なくとも1つのユニットに接続するユニットの前記所定角度及び／又は孔の形状が異なっていることを特徴とする金属材料の加工装置とする。

【0019】本構成によると、せん断押し出しにより結晶微細化の効果は、せん断の角度・形状により大きな微細化効果が得られたため、その角度、方向、形状が自由に選択することができ、種々の金属に適応できる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、図を用いて更に説明する。

図1は、本発明の基本構成を説明する図である。

【0021】図1において、参照符号1は、金型、2は、金属材料である。金型1には、材料の挿入口としての孔3aと排出口としての孔3bが、設けられ、それらの孔3a、3bをつなぐ溝3は、途中で、所定角度にて屈折している。なお、屈折部3cは、高周波コイル（加熱手段）4で加熱できるようになっており、そこ以外の屈折部3cの挿入側、出口側の外側領域は、非加熱の領域となっている。

【0022】なお、前記非加熱の領域は、例えば、図示していないが、金型内に流路を形成し、水などの冷却液を循環したり、空冷するなどして棒材の軟化点以下に冷却することが、望ましい。このような構成とすることで、せん断変形領域を最高温度域として出入り口側にいくほど低温となる温度勾配（分布）が設定され、種々の材料に適用できものとなる。

【0023】また、このような温度勾配を持たせることで低い変形抵抗と低い剛性を求められるせん断押出領域（屈折部3c）のみ加熱し、相対的に低温に保たれた出入り口側であるせん断変形領域以外の領域においては座屈しないよう高強度・高剛性が保たれることになる。

【0024】なお、加熱手段としては、図では、温度コントロールが、容易な点で、高周波コイル4を用いたものが望ましいが、その他抵抗加熱型のバンドヒーター、バーナー加熱等適宜利用可能である。

【0025】材料送り込みについては、従来技術で説明したラムを利用したものでも、可能であるが、量産性を考慮すると図のようなローラー・クランププレスやウォーキングタイプのプレス搬送装置等の送り込み手段5を利用することが望ましいが、いずれにしても材質・強度・潤滑剤等で決まる座屈限界を下回る荷重で押出すべき事は言うまでもない。更に、せん断変形完了後の出口側にテンション（引っ張り）ロール等の材料の引き抜き手段6を設置することにより、せん断押出変形の荷重が大幅に減少し、結果的に小さな押出し力でせん断押出しが可能となる。なお、テンションロールで発生させる引き抜き荷重は送り込み荷重より小さく設定すべきである。

【0026】この材料の送り込み手段と引き抜き手段を組み合わせることにより、単に押出性の安定化をはかるだけでなく、せん断変形部に逆の圧力を付与する背圧付与が可能となり、これにより1回あたりのせん断ひずみ量を多く付与する事が可能となり、せん断押出回数を低減させることが出来る。

【0027】次に、図2から図4を用いて素材の動作について説明し、更に、量産性に優れた構造を図5に示す。

【0028】まず、生産開始時に棒材2を金型1内に導入しやすように材料先端をロータリースウェーピング（回転鍛造）や切削加工で細くしている。第1ステージとして図2に示すように先端を細くした棒材を金型に挿入

10

20

30

40

50

入する。この時、先端を溝の曲がり方向に合せて、軽く曲げておくと金型1内の溝3を通過させやすい。(第2ステージ:図3)一旦、ローラー・クランププレス5により送り込まれ、金型1を通過した棒材2は出口側に設置したテンションロール6でクランプして引き抜き力を発生させる。尚、このローラは幅方向に移動可能であり細径の先端部からクランプされ引出力を付与することが出来る。(第3ステージ:図4)その際、屈折部3cにてせん断変形をさせることができることは、上記の通りである。ちなみに金型1の屈折部3cでは加熱された金型1からの熱伝導と高周波コイル4による誘導加熱により加熱され軟化している状態にある。

【0029】更に、前記した金属材料の送り手段と金型により構成される加工手段と引き抜き手段とをユニットとした場合、図5に示すようにこれらを複数連結することで、せん断押出加工を複数回・連続的に付与し、結晶粒微細化効果を増幅させることが出来、更に、大量生産が容易に行えるようになる。

【0030】なお、上記ユニットは、何段連結しても原理的には生産性が低下しなく、また、せん断押出の方向も結晶粒微細化効果と関係があり、特定の方向・形状で\*

\*大きな微細化効果が得られるので、ユニット毎に角度・方向自由に選択することが可能である。

【0031】すなわち、通常せん断変形を与える場合に未加工部の材料断面形状は加工後と全く同じにする場合が大半であり、このため各工程の加工(通過)速度は同じであるため全く同一のシステムを単に連結するだけで複数段のせん断変形を連続的に高生産性で与えることが可能となる。もちろん加工前後の断面積が変化させる場合においても入り口側と出口側のロール速度を変えて適正化するのみで対応できることは言うまでもない。

【0032】次に、本発明の製造方法を利用した素材の特性について、以下に説明する。

【0033】図6は、実施例のせん断押出の加工条件を示した。せん断押出加工は2回と1回の2種類実施した。2回の場合には1回目と2回目のせん断押出変形方向は逆にしている。また実施例で用いた材料の溶解・鑄造から棒材素材としての仕上げである矯正・切断までの工程を経て製造される。

【0034】

【表1】

#### 実施例ならびに比較例の成分

		実施例1	実施例2
成分	Cu (wt%)	61.2	58.7
	Sn (wt%)	2.2	3.1
	Pb (wt%)	≤0.1	≤0.1
	Fe (wt%)	≤0.1	≤0.1
	Zn (wt%)	残部	残部

【0035】表1は、実施例、比較例として用いた銅合金の素材の成分を示したものである。基本的に銅・亜鉛・錫の3成分からなる銅合金である。

※【0036】

【表2】

※

#### 局部加熱せん断押出加工による結晶組織及び各特性の変化

		実施例1		実施例2	
		局部加熱せん断押出加工 前	局部加熱せん断押出加工 後	局部加熱せん断押出加工 前	局部加熱せん断押出加工 後
組織	粒径(μm)	15	3	15	3
各特性	破断強度(N/mm <sup>2</sup> )	415	580 (+39.8%)	460	650 (+41.3%)
	伸び(%)	27	25 (-7.5%)	8	10 (+25.0%)
	高温変形抵抗(N/mm <sup>2</sup> ) <sup>注1</sup>	128	90 (-29.7%)	92	66 (-28.3%)
	高温伸び(%) <sup>注2</sup>	70	251 (+257%)	82	582 (+610%)

注1: 温度400℃, 初期歪み速度 $1 \times 10^{-2}$ の条件で高温引張試験した際の強度

注2: 温度400℃, 初期歪み速度 $1 \times 10^{-2}$ の条件で高温引張試験した際の伸び

【0037】表2は、表1に示す素材に対し、本発明の局部加熱せん断変形(2回パス)を加える前後での結晶

組織及び各特性の変化を示す表で、局部加熱せん断変形を与える前後の結晶粒径は約 $15\mu\text{m}$ から $3\mu\text{m}$ に微細化されたことがわかる。また、結晶粒の微細化により破断強度が大幅に向上した。一方、実施した $400^\circ\text{C}$ での引っ張り試験で変形抵抗が大幅に低下すると共に延性が著しく向上した。これにより局部加熱せん断押出加工により材料特性を大幅に改良できることが示された。

【0038】次に、図6は、表1記載成分における実施例1成分の材料を用いて局部加熱せん断変形を施した材料と未実施の材料とを $400^\circ\text{C}$ の高温引っ張り試験で比較した結果を示す図である。

【0039】未実施の材料では引っ張り試験の際のひずみ速度を低速から高速まで変化させても大きな差は見られなかったが、局部加熱せん断変形を2回実施した材料では $1\times 10^{-1}$ 以下の速度で著しい延性改善効果が見られた。特に、 $1\times 10^{-3}$ では290%と最も大きな伸びを示した。同時に材料の変形抵抗も加熱せん断押出加工により約35%と大幅に低下させることができた。

【0040】次に、図7は、比較のため実施例1の成分で1回のみ局部加熱せん断押出加工を行った結果を示す

【0041】この結果、伸びの向上と変形抵抗の低下効果は見られたが2回実施と比較すると遅い変形速度側では差が見られないが、高速側である $1\times 10^{-3}$ での改善効果には明確な差が見られ、加熱せん断変形の回数が2回の方が大きな伸びを示した。すなわち、局部加熱せん断変形の回数を増やすことにより、高速ひずみ側の延性を改善することが出来る。

【0042】図8、表1に記載成分の実施例2の成分において、実施例1と同様の引っ張り試験を実施した結果

【0043】この結果、実施例1以上の大きな延性改善効果が得られた。特に、 $1\times 10^{-4}$ のひずみ速度において最大900%もの大きな延性を示した。高速側において\*

\*ても約600%の大きな伸びが見られ局部加熱せん断変形によって大きな改善効果が得られることがわかった。

【0044】この実施例1と2の素材の違いは、結晶組織中の熱間延性に優れた $\beta$ 相比率が高いことによると考えられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の局部せん断押出し加工の定常押出し状態を示す図

【図2】 同局部せん断押出し加工第1ステージの素材挿入状態を示す図

【図3】 同局部せん断押出し加工第2ステージのせん断変形を与える屈折部を通過する図

【図4】 同局部せん断押出し加工第3ステージの引き抜き手段によりテンションを負荷する図

【図5】 同局部せん断押出し加工を複数連結したシステムを示す図

【図6】 同実施例の加工条件を示す図

【図7】 同局部せん断押出し加工（2回パス）施した高温引っ張り試験の特性を示す図

【図8】 同局部せん断押出し加工（1回パス）施した高温引っ張り試験の特性を示す図

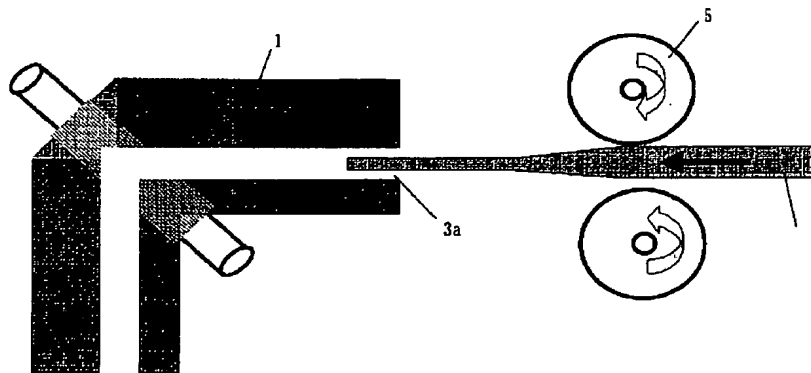
【図9】 同局部せん断押出し加工（2回パス）を他の成分で施した時の高温引っ張り試験の結果を示す図

【図10】 本発明の原理及び従来技術を示す図。

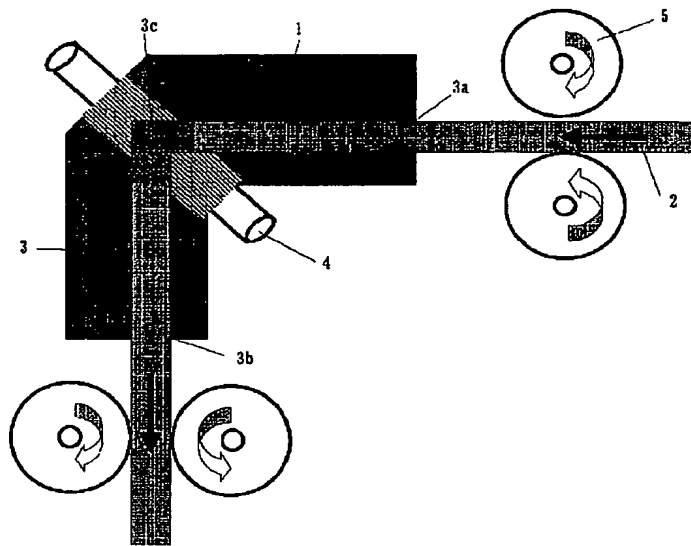
【符号の説明】

- 1 金型
- 2 金属素材
- 3 溝
- 3 a、3 b 孔
- 3 c 屈折部
- 4 加熱手段
- 5 送り込み手段
- 6 引っ張り手段

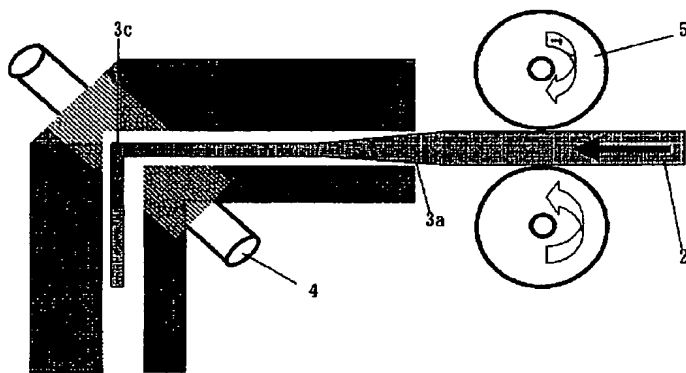
【図2】



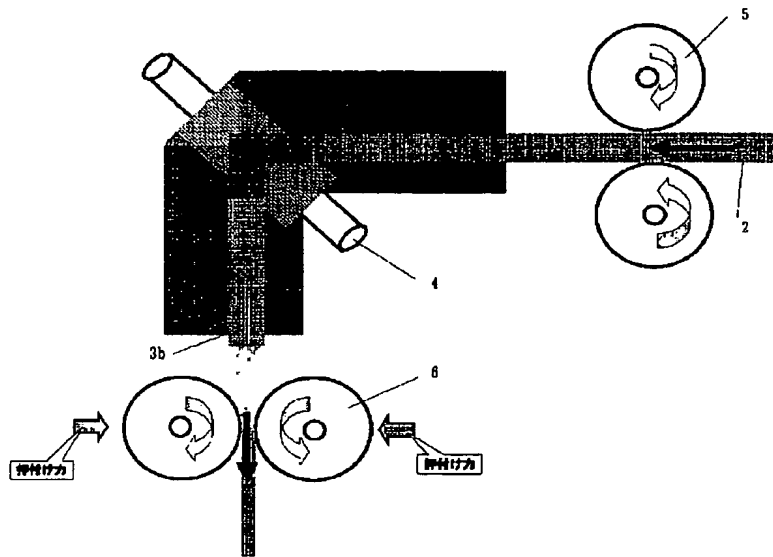
【図 1】



【図 3】



【図4】



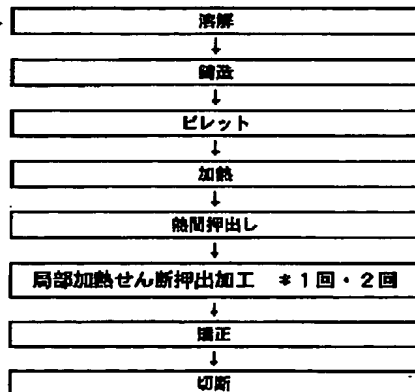
【図6】

## 局部加熱せん断押出し条件

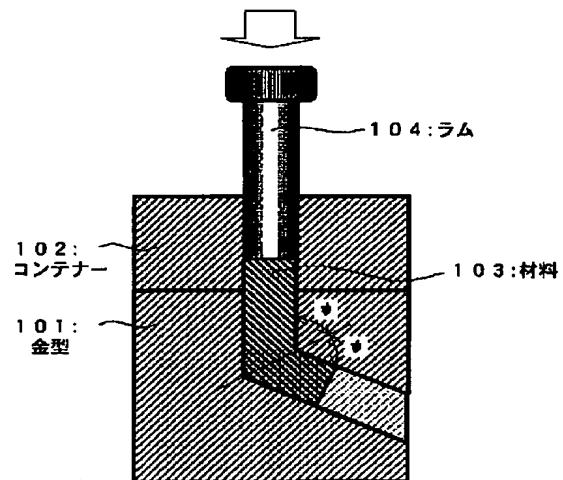
パス回数	2回
押出し温度	400℃
押出し速度	1.8mm/sec
押出し角度(2ψ)	90°
材料挿入角度	1回毎に90°回転※1

※1：1回パス毎に材料を90°回転させながら押出し

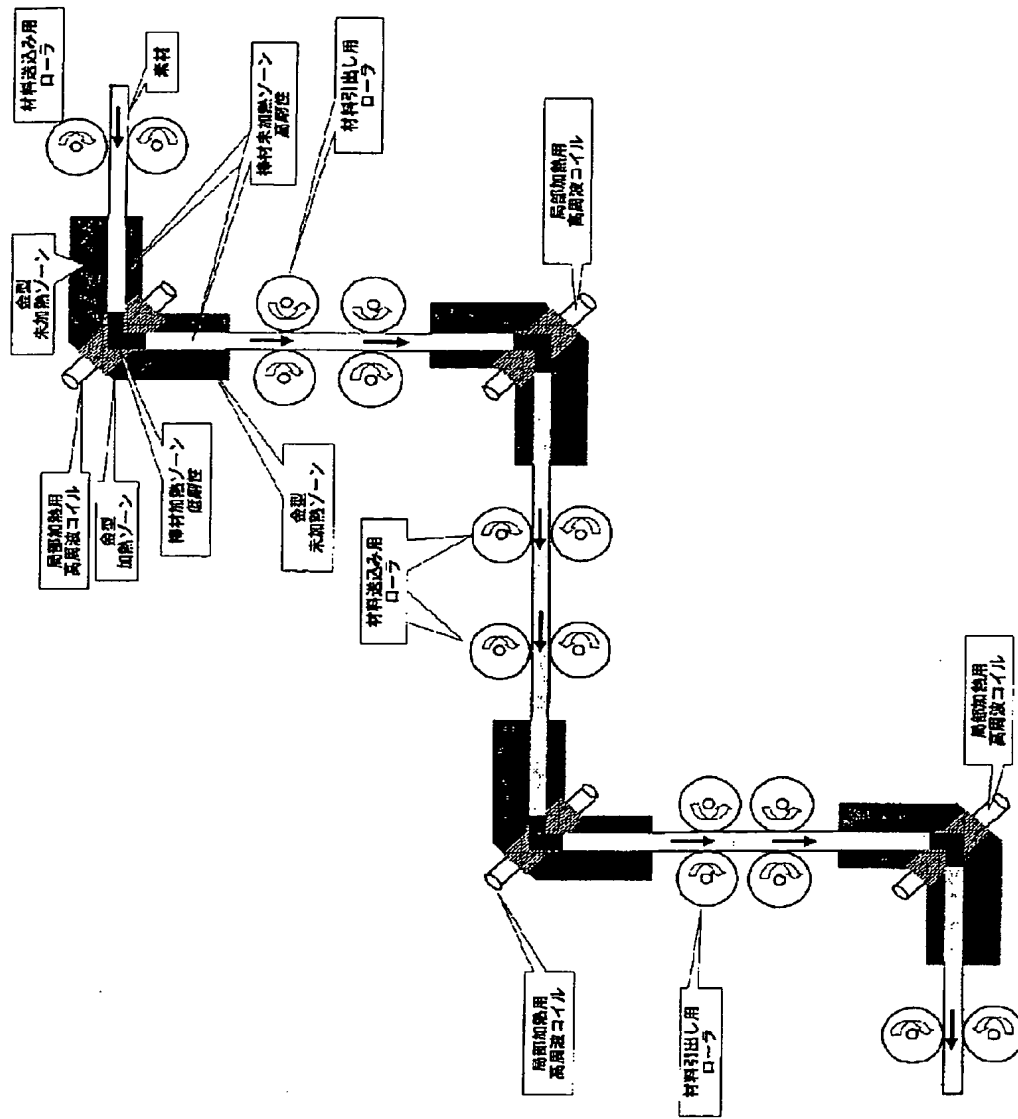
## ＜実施例の製造工程＞



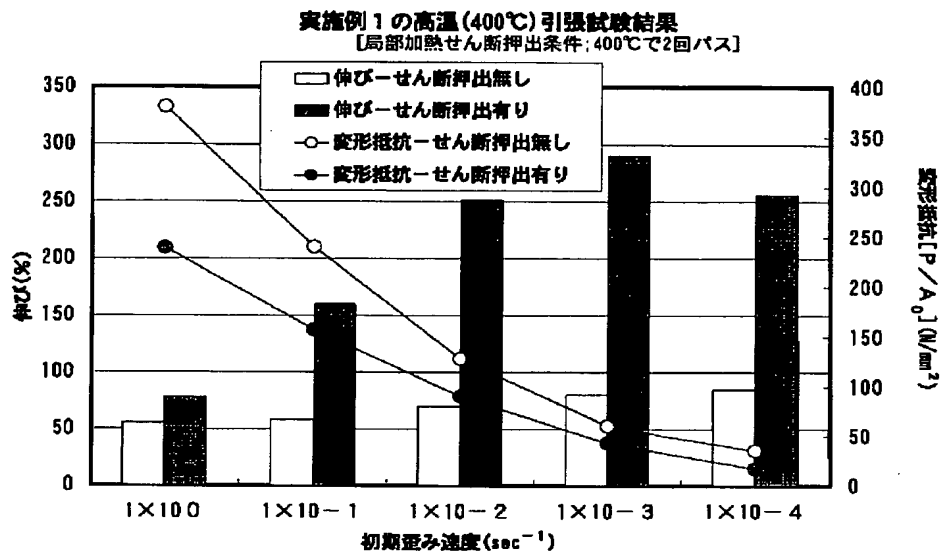
【図10】



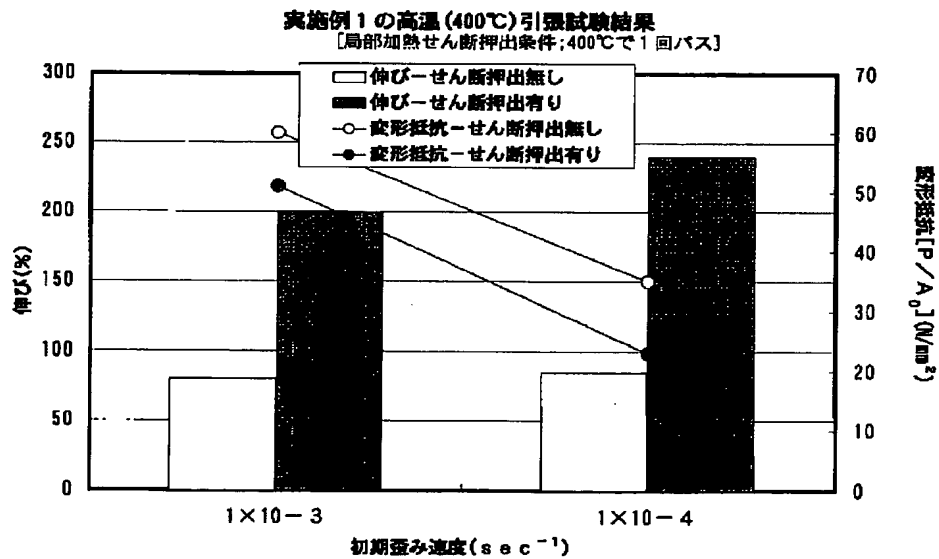
【図5】



【図7】



【図8】



【図9】

